



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Off nl gungsschrift
10 DE 100 00 088 A 1

51 Int. Cl.⁷:
H 01 L 33/00
H 01 S 5/183
H 01 S 5/323

21 Aktenzeichen: 100 00 088.6
22 Anmeldetag: 4. 1. 2000
43 Offenlegungstag: 17. 8. 2000

5367-42

DE 100 00 088 A 1

30 Unionspriorität:
245503 05. 02. 1999 US
71 Anmelder:
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US
74 Vertreter:
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler, 81479
München

72 Erfinder:
Carter Coman, Carrie, San Jose, Calif., US; Kish
jun., Fred A., San Jose, Calif., US; Krames, Michael
R., Mt. View, Calif., US; Martin, Paul S., Pleasanton,
Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Mittels Substratentfernung hergestellte optische $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -Emitter

57 Bauelemente und Verfahren zum Herstellen von lichte-
mittierenden InAlGaN -Bauelementen werden beschrie-
ben, die sich aus der Entfernung von lichtemittierenden
Schichten von dem Saphirwachstumssubstrat ergeben.
Bei mehreren Ausführungsbeispielen werden Techniken
zum Herstellen einer lichtemittierenden vertikalen InAl-
 GaN -Diodenstruktur beschrieben, die eine verbesserte
Leistungsfähigkeit und/oder eine verbesserte Kosteneffektivität ergibt. Darüber hinaus werden eine Metallver-
bindungs-, Substratabhebe- und eine neuartige RIE-Bau-
elementtrennungstechnik verwendet, um vertikale GaN-
 LEDs auf einem Substrat effektiv zu erzeugen, das wegen
seiner thermischen Leitfähigkeit und seiner Vereinfachung der Herstellung ausgewählt ist.

DE 100 00 088 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet von optischen Halbleiteremissionsbauelementen, und insbesondere auf ein Verfahren zum Herstellen von hocheffizienten und kosteneffektiven InAlGaN-Bauelementen.

Saphir hat sich wegen seiner Stabilität bei der Hochtemperaturammoniakatmosphäre des Epitaxiewachstumverfahrens als das bevorzugte Substrat zum Aufwachsen von hocheffizienten lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementen erwiesen. Saphir ist jedoch ein elektrischer Isolator mit schwacher thermischer Leitfähigkeit, woraus sich unübliche und uneffektive Bauelemententwürfe ergeben. Eine typische LED-Struktur, die auf Saphir aufgewachsen ist, weist zwei vorderseitige elektrische Kontakte und eine halbdurchlässige Metallschicht auf, um einen Strom über den p-Kontakt zu verteilen. Dies widerspricht der Standardvertikalstruktur für einen Stromfluß in LEDs (LED = Light Emitting Diode = lichtemittierende Diode), die auf leitenden Substraten, wie z. B. GaAs oder GaP, aufgewachsen sind, und bei denen sich ein elektrischer Kontakt auf der oberen Seite des Halbleiterbauelementes und einer auf der unteren Seite befindet. Die zwei Kontakte auf der oberen Seite an der auf Saphir basierten LED reduzieren den verwendbaren lichtemittierenden Bereich des Bauelements.

Darüber hinaus ergibt die niedrige Leitfähigkeit der p-Typ-InAlGaN-Schicht die Notwendigkeit für eine halbdurchlässige Metallschicht, um einen Strom über die p-Typ-Halbleiterschicht zu verteilen. Der Brechungsindex von Saphir ($n \sim 1.7$) ist ebenfalls niedriger als derjenige der InAlGaN-Schichten ($n \sim 2.2-2.6$), die auf demselben aufgewachsen sind. Folglich ergibt diese Fehlanpassung des Brechungsindex (wobei derjenige von Saphir niedriger ist) eine Wellenleitung des Lichts zwischen der absorbierenden halbdurchlässigen p-seitigen Strom-verteilenden Metallisierung und dem Saphir. Dies ergibt eine Absorption von 10-70% des Lichts, das bei einem handelsüblichen InAlGaN-Bauelement erzeugt wird, durch die halbdurchlässige Metallschicht.

Das Waferverbinden kann in zwei grundlegende Kategorien unterteilt werden: direktes Waferverbinden und metallisches Waferverbinden. Beim direkten Waferverbinden werden zwei Wafer über einen Massentransport an der Verbindungsgrenzfläche miteinander verbunden. Direktes Waferverbinden kann zwischen jeder Kombination aus Halbleiter-, Oxid-Materialien und dielektrischen Materialien durchgeführt werden. Dasselbe wird üblicherweise bei einer hohen Temperatur ($> 400^\circ\text{C}$) und unter einem uniaxialen Druck durchgeführt. Eine geeignete Technik zum direkten Waferverbinden wird durch Kish et al. in U.S.P.N. 5,502,316 beschrieben. Beim metallischen Waferverbinden wird eine metallische Schicht zwischen den zwei Verbindungssubstraten aufgebracht, um zu bewirken, daß dieselben aneinander haften. Diese metallische Schicht kann als ein ohmscher Kontakt für entweder das aktive Bauelement, das Substrat oder beide dienen. Ein Beispiel für metallisches Verbinden ist das Umdreh-Chip-Verbinden (Flip-Chip-Bonden), eine Technik, die bei der Mikro- und Opto-Elektronikindustrie verwendet wird, um ein Bauelement umgekehrt auf einem Substrat zu befestigen. Da Umdreh-Chip-Verbinden verwendet wird, um das Wärmesenken eines Bauelements zu verbessern, hängt das Entfernen des Substrats von der Bauelementstruktur ab, und herkömmlicherweise bestehen die einzigen Anforderungen an die metallische Verbindungsschicht darin, daß dieselbe elektrisch leitfähig und mechanisch robust ist.

Eine opto-elektronische Vertikalresonatorstruktur ist definiert, um aus einer aktiven Region zu bestehen, die durch eine lichtemittierende Schicht gebildet ist, die zwischen Begrenzungsschichten angeordnet ist, und dotiert oder undotiert sein kann, oder einen p-n-Übergang enthalten kann. Die Struktur enthält ferner zumindest einen reflektierenden Spiegel, der einen Fabry-Perot-Resonator in der Richtung senkrecht zu den lichtemittierenden Schichten bildet. Das Herstellen einer opto-elektronischen Vertikalresonatorstruktur bei den $\text{GaN}/\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (wobei $x+y+z = 0.5$) Materialsystemen stellt Herausforderungen dar, die dieselben von anderen III-V-Materialsystemen hervorheben. Es ist schwierig, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -Strukturen mit einer hohen optischen Qualität aufzuwachsen. Ein Hauptaugenmerk für $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -Bauelemente liegt auf der Stromverteilung. Die laterale Stromverteilung in dem p-Typ-Material beträgt ~ 30 -mal weniger als diejenige in dem n-Typ-Material. Darüber hinaus fügt die geringe thermische Leitfähigkeit des Substrates dem Bauelemententwurf eine Komplexität hinzu, da die Bauelemente für ein optimales Wärmesenken mit der p-Seite nach unten angebracht sein sollten.

Eine opto-elektronische Vertikalresonatorstruktur, z. B. ein Oberflächen-emittierender Vertikalresonatorlaser (VCSEL; VCSEL = Vertical Cavity Surface Emitting Laser), erfordert Hochqualitätsspiegel, z. B. mit 99.5% Reflektivität. Ein Verfahren, um Hochqualitätsspiegel zu erreichen, wird durch Halbleiterwachstumstechniken erreicht. Um die hohe Reflektivität zu erreichen, die von DBR-Elementen (DBR = Distributed Bragg Reflection = verteilte Bragg Reflexion), die für VCSELs geeignet sind, ($> 99\%$) erfordert wird, bestehen ernsthafte Materialprobleme für das Wachstum von Halbleiter- $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -DBR-Elementen, einschließlich Ribbildungen und Dotiermittelaufnahme. Diese Spiegel erfordern viele Perioden/Schichten aus sich abwechselnden Indium-Aluminium-Gallium-Nitrid-Zusammensetzungen ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}/\text{In}_{x'}\text{Al}_{y'}\text{Ga}_{z'}\text{N}$). Im Gegensatz zu den Halbleiter-DBR-Elementen ist es relativ einfach, dielektrische DBR-Elemente (D-DBR-Elemente) mit Reflektivitäten von über 99% in dem spektralen Bereich herzustellen, der durch das $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -System abgedeckt wird. Diese Spiegel werden typischerweise durch Aufdampf- oder Sputter-Techniken aufgebracht, aber eine MBE-Technik (MBE = Molecular Beam Epitaxial = Molekularstrahlepitaxie) und eine MOCVD-Technik (MOCVD = Metal-Organic Chemical Vapor Deposition = chemische Metall-Organik-Dampfaufbringung) können ebenfalls verwendet werden. Jedoch ist lediglich eine Seite der aktiven Region für eine D-DBR-Element-Aufbringung zugänglich, wenn das Grundsubstrat nicht entfernt ist. Das Erzeugen einer opto-elektronischen $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -Vertikalresonatorstruktur würde erheblich einfacher sein, falls es möglich wäre, D-DBR-Elemente mit beiden Seiten einer aktiven $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -Region zu verbinden und/oder auf denselben aufzubringen.

In "Low threshold, wafer fused long wavelength vertical cavity lasers", Applied Physics Letters, Bd. 64, Nr. 12, 1994, S. 1463-1465 lehrt Duddley et al. das Verbinden von AlAs/GaAs-Halbleiter-DBR-Elementen mit einer Seite einer Vertikalresonatorstruktur durch direktes Waferverbinden, während in "Room-Temperature Continuous-Wave Operation of $1.430\ \mu\text{m}$ Vertical-Cavity Lasers", IEEE Photonics Technology Letters, Bd. 7, Nr. 11, November 1995, Babic et al. das Verbinden von Halbleiter-DBR-Elementen mit beiden Seiten einer InGaAsP-VCSELs durch direktes Waferverbinden lehrt, um die großen Brechzahlsschwankungen zwischen AlAs/GaAs zu verwenden. Wie es beschrieben werden wird, ist das Waferverbinden von D-DBR-Elementen mit $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ erheblich komplizierter als ein Halbleiter-Halbleiter-Waferverbinden und war bisher im Stand der Technik nicht bekannt.

In "Dielectrically-Bonded Long Wavelength Vertical Cavity Laser on GaAs Substrates Using Strain-Compensated Multiple Quantum Wells", IEEE Photonics Technology Letters, Bd. 5, Nr. 12, Dezember 1994, offenbart Chua et al. AlAs/GaAs-Halbleiter-DBR-Elemente, die mittels einer Aufschleuderglasschicht an einem InGaAsP-Laser befestigt sind. Das Aufschleuderglas ist kein geeignetes Material für eine Verbindung bei einem VCSEL zwischen den aktiven Schichten und dem DBR-Element, da es schwierig ist, die präzise Dicke des Aufschleuderglases zu steuern, wodurch folglich die kritische Schichtsteuerung, die für einen VCSEL-Resonator erforderlich ist, verloren geht. Darüber hinaus können die Eigenschaften des Aufschleuderglases inhomogen sein, wodurch Streuverluste oder andere Verluste in dem Resonator verursacht werden.

Das Aufwachsen von optischen Spiegeln aus $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ /GaN-Paaren von Halbleiter DBR-Element-Spiegeln mit Reflektivitäten, die für VCSEL geeignet ist, z. B. $> 99\%$, ist schwierig. Theoretische Berechnungen der Reflektivität deuten darauf hin, daß, um die erforderliche hohe Reflektivität zu erzielen, ein hoher Indexkontrast erforderlich ist, der lediglich durch Erhöhen der Al-Zusammensetzung der $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -Schicht mit einem niedrigen Index und/oder durch Aufweisen von mehr Schichtperioden erzielt werden kann (Materialeigenschaften sind Ambacher et al., MRS Internet Journal of Nitride Semiconductor Research, 2 (22) 1997 entnommen). Beide dieser Lösungsansätze führen ernsthafte Herausforderungen ein. Falls Strom durch die DBR-Element-Schichten geleitet wird, ist es wichtig, daß die DBR-Elemente leitfähig sind. Um ausreichend leitfähig zu sein, muß die $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -Schicht geeignet dotiert sein. Die Dotiermittelaufnahme ist nicht ausreichend, wenn die Al-Zusammensetzung nicht auf unter 50% für eine Si-(n-Typ)Dotierung und auf unter 17% für eine Mg-(p-Typ)Dotierung reduziert ist. Die Anzahl von Schichtperioden, die erforderlich ist, um eine ausreichende Reflektivität unter Verwendung von Schichten mit einer geringeren Al-Zusammensetzung zu erzielen, erfordert jedoch eine große Gesamtdicke des $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -Materials, wodurch das Risiko, daß sich in der Epitaxieschicht Risse bilden, erhöht wird, und die Zusammensetzungssteuerung reduziert wird. In der Tat ist der $\text{Al}_{30}\text{Ga}_{70}\text{N}/\text{GaN}$ -Stapel von Fig. 1 bereits $\sim 2.5 \mu\text{m}$ dick und ist weit davon entfernt, für einen VCSEL ausreichend reflektierend zu sein. Folglich erfordert ein DBR-Element mit einer hohen Reflektivität, das auf diesem Schichtpaar basiert, eine Gesamtdicke, die erheblich größer als $2.5 \mu\text{m}$ ist, und es würde schwierig sein, dasselbe zuverlässig aufzuwachsen, hat man die Fehlanpassung zwischen den AlN- und GaN-Wachstumstemperaturen gegeben. Sogar obwohl die Ribildung kein großes Problem darstellt, falls die Schichten nicht dotiert sind, stellen die Zusammensetzungssteuerung und die AlN/GaN-Wachstumstemperaturen immer noch große Herausforderungen bezüglich des Aufwachsens von DBR-Elementen mit hoher Reflektivität dar. Folglich sind sogar bei Anwendungen, bei denen die DBR-Elemente keinen Strom leiten müssen, keine Spiegelstapel mit Reflektivitäten von $> 99\%$ bei dem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ -Materialsystem gezeigt worden. Aus diesem Grund sind dielektrisch-basierte DBR-Spiegel bevorzugt.

Halbleiterbauelemente werden auf Wafern zu vielen Tausenden bis zu Zehntausenden auf einmal hergestellt. Die Wafer müssen vor dem Verpacken in einzelne Chips vereinzelt werden. Falls Saphir als das Wachstumssubstrat verwendet wird, muß das Saphirsubstrat gedünnt und vereinzelt werden. Die Härte und die hexagonale Kristallstruktur des Saphirs machen die Vereinzelooperation schwierig und aufwendig.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin,

ein lichtemittierendes InAlGaN-Bauelement und ein Verfahren zum Herstellen eines vertikal leitfähigen lichtemittierenden AlInGaN-Bauelementes zu schaffen, so daß die Leistungsfähigkeit des Bauelementes verbessert, und der Aufwand beim Herstellen desselben reduziert wird.

Diese Aufgabe wird durch ein lichtemittierendes InAlGaN-Bauelement gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Herstellen eines vertikal leitfähigen lichtemittierenden AlInGaN-Bauelementes gemäß Anspruch 10 gelöst.

Bei dieser Erfindung werden Bauelemente und Techniken zum Herstellen von lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementen beschrieben, die sich aus dem Entfernen von lichtemittierenden Schichten von dem Saphirwachstumssubstrat ergeben. Bei mehreren Ausführungsbeispielen werden Techniken zum Herstellen einer vertikalen lichtemittierenden InAlGaN-Diodenstruktur beschrieben, die eine verbesserte Leistungsfähigkeit und/oder eine verbesserte Kosten-effektivität ergeben.

Darüber hinaus werden eine Metallverbindungs-, Substratabhebe- und eine neuartige RIE-Bauelementtrennungstechnik verwendet, um vertikale GaN-LEDs oder oberflächenemittierende Vertikalresonatorlaser (VCSEL) auf einem Substrat zu erzeugen, das wegen seiner thermischen Leitfähigkeit und seiner Vereinfachung der Herstellung ausgewählt ist.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die begleitenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementes mit einer Verbindungsschicht, die aus ohmschen Kontaktschichten besteht, an der InAlGaN-Heterostruktur und Haftschichten an dem Grundsubstrat;

Fig. 2 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementes mit einer Verbindungsschicht, die aus ohmschen Kontaktschichten besteht, an der InAlGaN-Heterostruktur und mit ferner ohmschen Kontaktschichten an einem elektrisch leitenden Grundsubstrat;

Fig. 3 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementes mit sich gegenüberliegenden DBR-Spiegelstapeln (DBR = Distributed Bragg Reflection = verteilte Bragg Reflexion) auf beiden Seiten der lichtemittierenden Schichten, um ein Vertikalresonatorbauelement zu bilden. Die Verbindungsschicht besteht aus ohmschen Kontaktschichten an der InAlGaN-Heterostruktur und ferner aus ohmschen Kontaktschichten an einem elektrisch leitenden Grundsubstrat; und

Fig. 4A-D ein bevorzugtes Verfahren zum Vereinzeln von lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementen. In Fig. 4A werden die InAlGaN-Schichten, die auf einem Saphirsubstrat gewachsen sind, mit ohmschen Kontakt- und Verbindungsschichten beschichtet. In Fig. 4B wird ein Grundsubstrat mit den InAlGaN-Schichten verbunden, bevor das Saphirsubstrat entfernt wird. In Fig. 4C werden die InAlGaN-Bauelemente durch Mesaätzen durch das InAlGaN-Bauelement definiert. In Fig. 4D werden die Bauelemente schließlich voneinander getrennt, indem das Grundsubstrat vereinzelt wird.

Diese Erfindung befaßt sich mit dem Aufbauen von lichtemittierenden vertikal leitenden InAlGaN-Bauelementen, die als Bauelemente definiert sind, bei denen sich die ohmschen Kontakte an den InAlGaN-Bauelementsschichten auf gegenüberliegenden Seiten, d. h. oben und unten, von den InAlGaN-Bauelementsschichten befinden.

Eine bevorzugte Struktur gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 1 gezeigt. Zu Beginn wird ein lichtemittierendes InAlGaN-Bauelement 20 auf ein Opferwachstumssubstrat 30, wie z. B. Saphir, aufgewachsen. Die Struktur

wird so aufgewachsen, daß die p-Typ-Schicht 20a freiliegt. Ein reflektierender ohmscher Kontakt 18 wird auf den p-Typ-InAlGaN-Schichten 20a aufgebracht. Die InAlGaN-Struktur wird daraufhin mit einem Grunds substrat 12 mittels Verbindungsschichten 16 verbunden, die zwischen den lichtemittierenden InAlGaN-Schichten 20 und dem Grunds substrat 12 angeordnet sind. Die Materialien für die Verbindungsschicht 16 sind ausgewählt, um eine starke mechanische Verbindung zu liefern und elektrisch leitfähig zu sein. Im allgemeinen weist die Verbindungsschicht eine Mehrzahl von Schichten auf, d. h. die ersten Verbindungsschichten 16a, die auf den InAlGaN-Bauelementschichten aufgebracht sind, und die zweiten Verbindungsschichten 16b, die auf dem Grunds substrat aufgebracht sind. Die Verbindungsschichten 16 werden mittels einer beliebigen Anzahl von Einrichtungen aufgebracht, die im Stand der Technik bekannt sind, wie z. B. durch Elektronenstrahlaufdampfung, Sputtern und Elektro-Plattieren. Nach dem Verbinden wird das Opfersaphirwachs substrat 30 über eine von vielen Substratentfernungstechniken entfernt, wie sie im Stand der Technik bekannt sind, wie z. B. durch Laserschmelzen, mechanisches Schleifen und chemisches Ätzen von Opferschichten. Daraufhin werden die InAlGaN-Schichten strukturiert, geätzt und kontaktiert, um ein lichtemittierendes elektrisches Injektionsbauelement zu liefern. Die Verbindungsschicht dient als eine Stromverteilungsschicht mit einem niedrigen spezifischen elektrischen Widerstand, als ein ohmscher Kontakt an den p-InAlGaN-Schichten und eine Haftschrift an dem Grunds substrat.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel ist in Fig. 2 gezeigt. Wie in Fig. 1 werden die lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementschichten auf einem Opfersubstrat 30 aufgewachsen, wobei ein reflektierender ohmscher Kontakt 18 auf der freiliegenden p-Typ-Schicht 20a aufgebracht wird. Nun wird die InAlGaN-Struktur 20 + 18 mit einem Grunds substrat 12 verbunden, das über Verbindungsschichten 16 elektrisch leitfähig ist. Dieses Substrat kann ein Halbleiter, ein Dielektrikum oder Metall sein. In dem Fall eines Halbleitersubstrats muß die Verbindungsschicht benachbart zu dem Substrat 24a sein oder aus ohmschen Kontaktschichten an demselben bestehen, wobei ein zweiter ohmscher Kontakt auf der Seite des Substrats aufgebracht wird, die der verbundenen Grenzfläche 24b gegenüberliegt. Nach dem Befestigen des Grunds substrats wird das Opferwachs substrat entfernt, und ein ohmscher n-Typ-Kontakt 22 wird an den n-InAlGaN-Schichten vorgesehen. Als ein Ergebnis wird ein lichtemittierendes vertikal leitfähiges InAlGaN-Bauelement erhalten. Dieses Bauelement weist aufgrund des geringen spezifischen Widerstands des Halbleiter- oder Metall-Grunds substrats eine exzellente Stromverteilung auf, woraus sich eine niedrige Vorwärtsspannung und eine hohe Elektro-Zu-Opto-Umwandlungseffizienz ergibt. Da sich zusätzlich lediglich ein einziger ohmscher Kontakt auf dem Bauelement befindet, und keine aktive Region des Bauelements während der Herstellung des zweiten ohmschen Kontakts des Bauelements entfernt wird, wird mehr als 75% der verfügbaren aktiven Region für eine unblockierte Lichtemission bewahrt, verglichen mit weniger als 40% bei handelsüblich verfügbaren Bauelementen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel ist in Fig. 3 gezeigt. In diesem Fall wird zusätzlich zu den p-seitigen ohmschen Kontakten 18 ein DBR-Spiegelstapel 26a auf die p-InAlGaN-Schicht 20a aufgebracht. Der Spiegelstapel kann aus einem oder mehreren der folgenden Materialien bestehen: Dielektrikum, Halbleiter und Metall. Die Struktur ist mit einem Grunds substrat 12 über Verbindungsschichten 16 verbunden, die eine Haftverbindung mit dem Grunds substrat 12 und einen elektrischen Kontakt mit den p-seitigen

ohmschen Kontaktmetallen 18 liefern. Das Material und die Dicke der Verbindungsschicht 16 sollten ausgewählt sein, um ein Gefährden der DBR-Element-Spiegelstapelreflektivität während des Befestigens des Grunds substrats zu vermeiden. Nach der Entfernung des Opferwachs substrats 30 wird ein zweiter DBR-Element-Spiegelstapel 26b an der opto-elektronischen InAlGaN-Vertikalresonatorstruktur auf der Seite aufgebracht, die dem ersten Spiegelstapel 26a gegenüberliegt. Der wahlweise zweite Spiegelstapel 26b wird strukturiert und geätzt, um Bereiche für ohmsche n-Typ-Kontakte 22 zu liefern. Für einen oberflächenemittierenden Vertikalresonatorlaser müssen die Spiegel eine sehr hohe Reflektivität > 99% aufweisen. Für eine Resonanzhohlraum-LED ist die Reflektivitätsanforderung an die Spiegel bzw. den Spiegel verringert (> 60%). Der erste und der zweite ohmsche Substratkontakt 24a, 24b liefern ein vertikal leitfähiges Bauelement.

Ein bevorzugtes Verfahren zum Herstellen von lichtemittierenden InAlGaN-Bauelementen ist in Fig. 4 gezeigt. Fig. 4a zeigt lichtemittierende InAlGaN-Schichten 20a und 20b, die auf einem Wachstums substrat 30 aufgewachsen sind, wobei ein reflektierender ohmscher Silberkontakt 18 auf der p-Typ-InAlGaN-Schicht aufgebracht ist. Für den ohmschen p-Typ-Kontakt wird Silber wegen seiner hohen Reflektivität für die Wellenlängen des Lichts, das typischerweise von einem lichtemittierenden InAlGaN-Bauelement emittiert wird, und wegen seines niedrigen Kontaktwiderstandswerts bezüglich p-Typ-InAlGaN bevorzugt. Für Bauelemente, bei denen die InAlGaN-Schichten mit der n-Typ-Schicht am weitesten von dem Saphirwachs substrat entfernt aufgewachsen sind, ist alternativ dazu Aluminium eine exzellente Wahlmöglichkeit für ein ohmsches Metall, da dasselbe ebenfalls eine hohe Reflektivität in dem sichtbaren Wellenlängenbereich des Lichts aufweist, das typischerweise durch InAlGaN-Bauelemente emittiert wird, und außerdem einen exzellenten ohmschen Kontakt mit n-Typ-InAlGaN herstellt. Über der Bauelementstruktur ist ein Grunds substrat 12 mit einem niedrigen spezifischen elektrischen Widerstand gezeigt, das mit einem ersten 24a und einem zweiten 24b ohmschen Kontakt versehen ist, um die vertikale Leitung zu vereinfachen. Es kann eine Verbindungsschicht 16a auf dem ersten ohmschen Substratkontakt aufgebracht sein. Wahlweise ist eine zweite Verbindungsschicht 16 auf dem p-seitigen ohmschen Kontakt 18 aufgebracht, um ein mechanisch starkes metallisches Waferverbinden in einem späteren Schritt zu vereinfachen. In Fig. 4b ist das Grunds substrat gezeigt, wie es durch Waferverbinden mittels der Verbindungsschichten mit den InAlGaN-Schichten verbunden ist. In Fig. 4c ist das Wachstums substrat 30 entfernt worden, wobei ein ohmscher Kontakt 22 an den n-InAlGaN-Schichten vorgesehen wird. Daraufhin werden Mesa 32 durch die InAlGaN-Schichten geätzt, um einzelne aktive Bauelementbereiche zu definieren. In Fig. 4d ist das Grunds substrat einzeln worden, um einzelne lichtemittierende InAlGaN-Bauelemente voneinander zu trennen. Silizium wird für das Grunds substrat bevorzugt, da dasselbe einfach zu dünnen ist und sich einfach in sehr kleine Chips sägen läßt, und da dasselbe einen geringen spezifischen elektrischen Widerstand und eine hohe thermische Leitfähigkeit verglichen mit anderen üblichen Substraten aufweist. Dieses Verfahren ermöglicht das einfache Vereinzelnen von InAlGaN-Bauelementen und vermeidet die Probleme, die dem Vereinzelnen von Saphir zugeordnet sind. Es ist ferner möglich, die Mesa vor dem Befestigen des Grunds substrats zu ätzen, und nicht erst nach dem Entfernen des Wachstums substrats.

1. Lichtemittierendes InAlGaN-Bauelement (10) mit einem Grundsustrat (12);
einer lichtemittierenden AlInGaN-Struktur (20), die Bauelementschichten (20a, 20b) mit einer ersten und einer zweiten Polarität aufweist, die sich in der Nähe einer oberen Seite des Grundsustrats (12) befinden; einem ersten Bauelementkontakt (22) an einer oberen Seite der lichtemittierenden AlInGaN-Struktur; einer Waferverbindungsschicht (16), die zwischen dem Grundsustrat (12) und der AlInGaN-Struktur (20) angeordnet ist; und einem zweiten Bauelementkontakt (18), der in der waferverbindungsschicht (16) positioniert ist und mit einer unteren Seite der lichtemittierenden AlInGaN-Struktur (20) elektrisch verbunden ist.
2. Bauelement (10) gemäß Anspruch 1, bei dem der zweite Bauelementkontakt (18) zumindest 50% Silber enthält.
3. Bauelement (10) gemäß Anspruch 1, bei dem der zweite Bauelementkontakt (18) zumindest 50% Aluminium enthält.
4. Bauelement (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Grundsustrat (12) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Metalle und Halbleiter aufweist.
5. Bauelement (10) gemäß Anspruch 4, bei dem das Grundsustrat (12) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Silizium, Germanium, Glas, Kupfer und Galliumarsenid aufweist.
6. Bauelement (10) gemäß Anspruch 4 oder 5, bei dem das Grundsustrat (12) ein Halbleiter ist, und das ferner einen ersten ohmschen Substratkontakt (24A) aufweist, der auf der oberen Seite des Grundsustrats (12) positioniert ist.
7. Bauelement (10) gemäß Anspruch 6, das ferner einen zweiten ohmschen Substratkontakt (24B) aufweist, der mit einer unteren Seite des Grundsustrats (12) elektrisch verbunden ist.
8. Bauelement (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das ferner ein Paar von polierten Spiegeln aufweist, die auf zwei gegenüberliegenden Seitenflächen der lichtemittierenden InAlGaN-Struktur (20) positioniert sind, und einen kantenemittierenden Laser bildet.
9. Bauelement (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das ferner folgende Merkmale aufweist:
einen ersten dielektrischen Braggreflektorspiegel (26B), der auf der oberen Seite der lichtemittierenden InAlGaN-Struktur (20) positioniert ist; und
einen zweiten dielektrischen Braggreflektorspiegel (26A), der in der Waferverbindungsschicht (16) positioniert ist und sich benachbart zu der unteren Seite der lichtemittierenden InAlGaN-Struktur (20) befindet.
10. Verfahren zum Herstellen eines vertikal leitfähigen lichtemittierenden AlInGaN-Bauelements (10), das folgende Schritte aufweist:
Aufwachsen einer lichtemittierenden AlInGaN-Struktur (20), die Bauelementschichten (20a, 20b) einer ersten und einer zweiten Polarität aufweist, auf einem Wachstumssustrat (30);
Aufbringen einer ersten ohmschen Metallschicht (18) auf einer freiliegenden Seite der lichtemittierenden InAlGaN-Struktur (20);
Aufbringen einer zweiten ohmschen Metallschicht (24a) auf einem Grundsustrat (12); und
Verbinden der ersten und der zweiten ohmschen Me-

tallschicht (18, 24a) durch Waferverbinden, um einen ersten elektrischen Kontakt in der Waferverbindungsgrenzfläche zu bilden.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, bei dem die erste ohmsche Metallschicht (18) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Silber, Nickel, Aluminium, Gold und Kobalt aufweist.
12. Verfahren gemäß Anspruch 10 oder 11, das ferner folgende Schritte aufweist:
Entfernen des Wachstumssustrats (30); und
Herstellen eines zweiten elektrischen Kontakts (22) an einer neu freiliegenden Seite der lichtemittierenden InAlGaN-Struktur.
13. Verfahren gemäß Anspruch 12, das ferner den Schritt des Ätzens von Mesas durch die lichtemittierende AlInGaN-Struktur (20) entsprechend einer gewünschten Bauelementgröße aufweist.
14. Verfahren gemäß Anspruch 13, das ferner den Schritt des Vereinzelns des Grundsustrats (12) aufweist.
15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem der Schritt des Aufwachsens einer lichtemittierenden InAlGaN-Struktur den Schritt des Aufwachsens eines AlInGaN-Films mit einer Dicke, die größer als 50 µm ist, auf dem Wachstumssustrat (30) aufweist.
16. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 15, bei dem das Grundsustrat (12) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Metalle und Halbleiter aufweist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

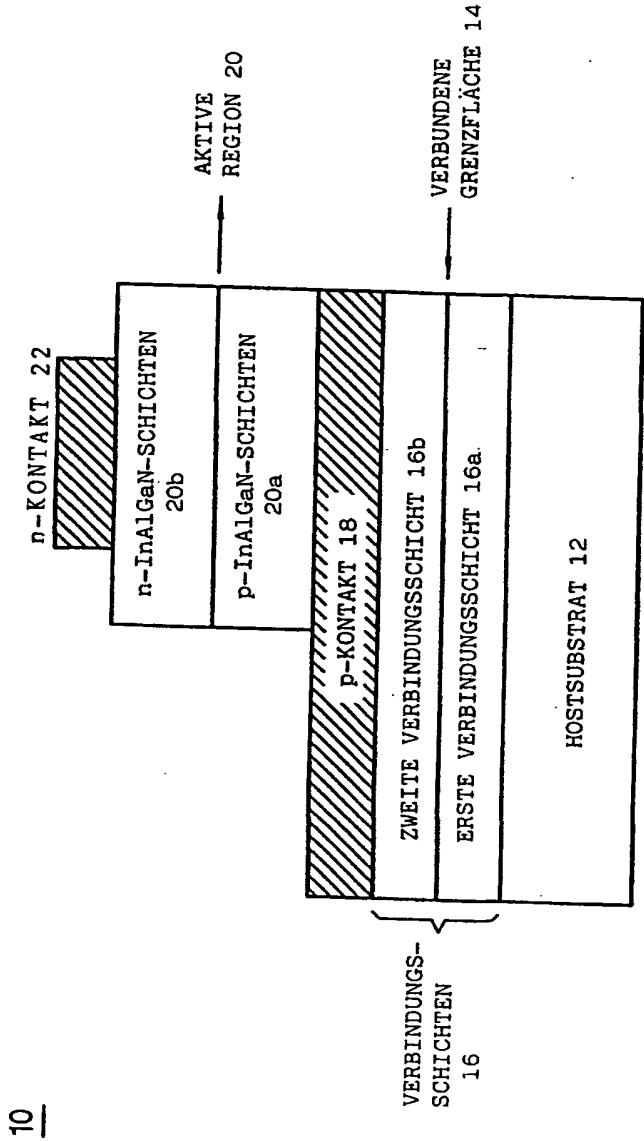


FIG.1

10

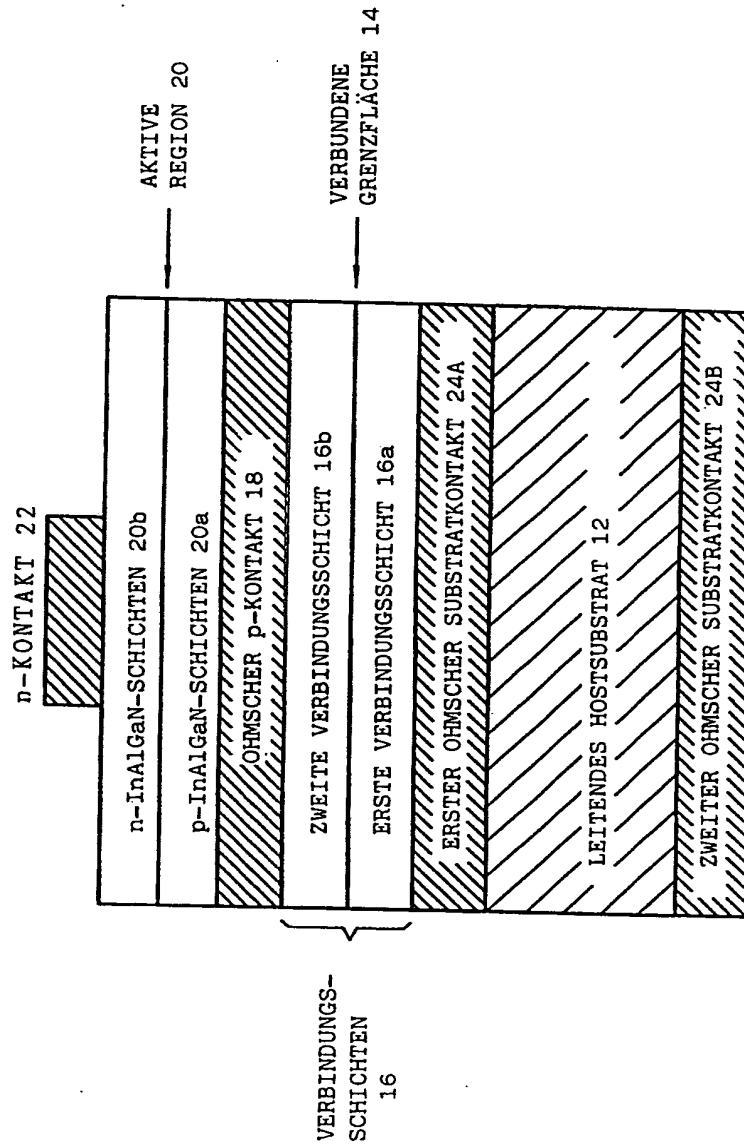


FIG. 2

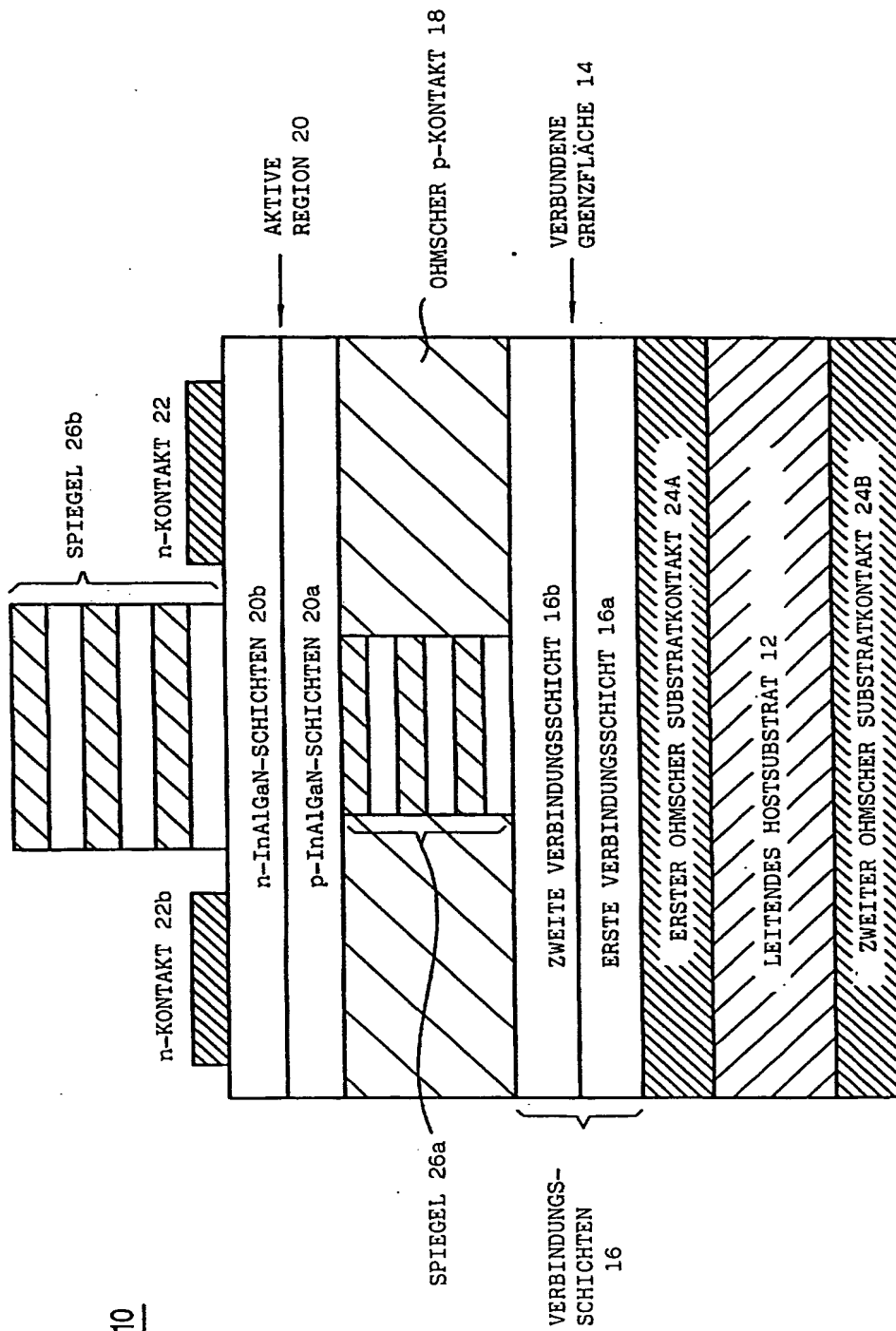


FIG. 3

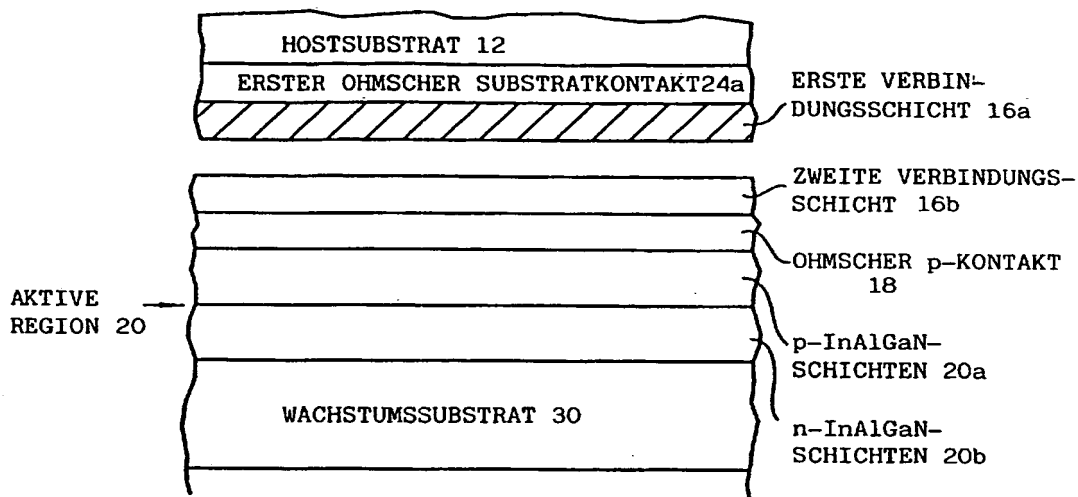


FIG. 4A

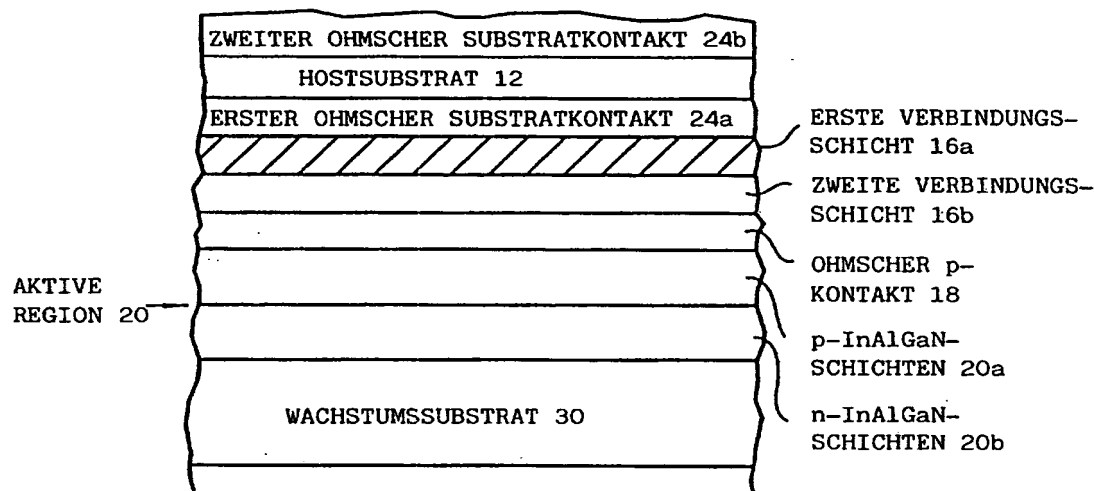


FIG. 4B

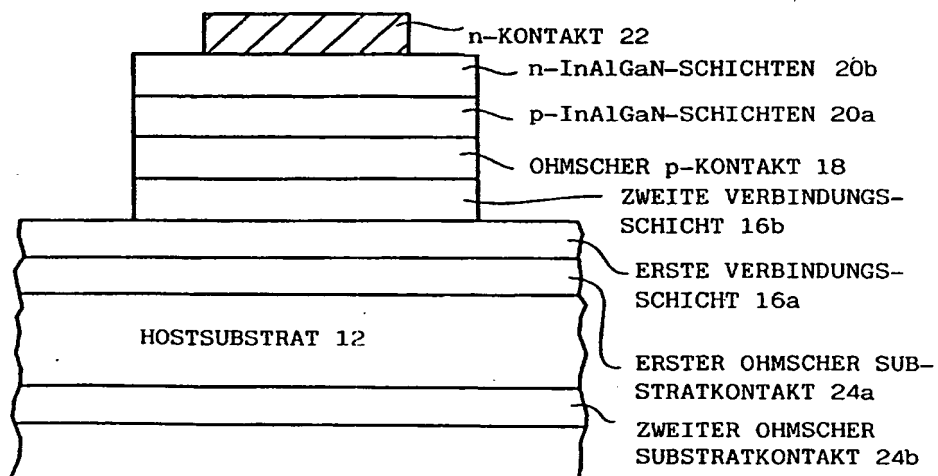


FIG. 4D

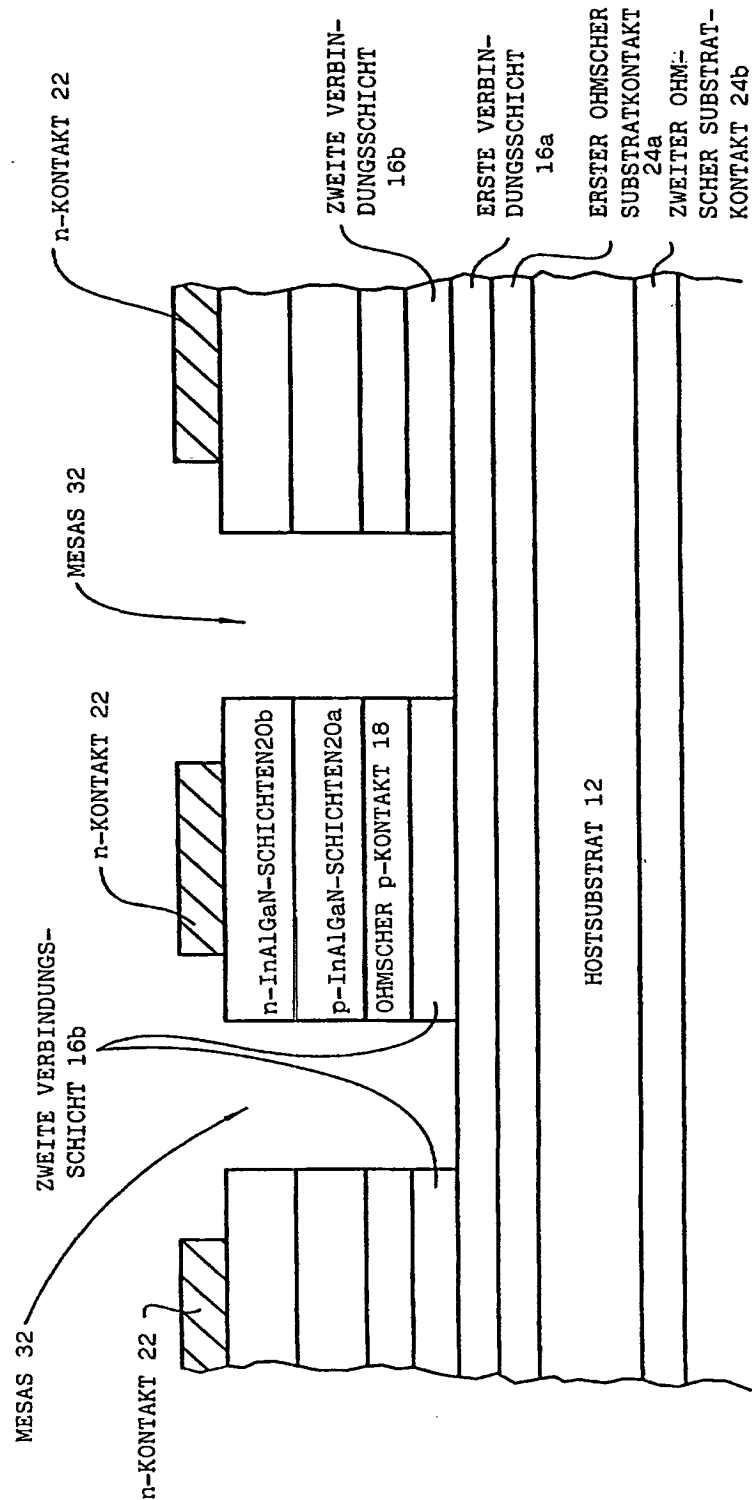


FIG. 4C